第 29 卷 第 3 期
1986 年 8 月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol. 29, No. 3
Aug., 1986

白薯天蛾的复眼结构及形态特征

高 慰 曾
(中国科学院动物研究所)

摘要 白薯天蛾 *Herse convolvuli* L. 复眼的外部形状与棉铃虫蛾 *Heliothis armigera* Hübner 眼虽较相似但其结构却明显不同,大小也不等,其长为 4.28 毫米,宽为 3.78 毫米,整个复眼大约有 27,000 个小眼组成。小眼密度为 1177.9/毫米,约为棉铃虫蛾小眼密度的 1/3。复眼不同部位上的小眼长度不等,侧部最短,背、后、前、腹依次递增。视杆长度占小眼总长的比例明显地短于棉铃虫,其侧部小眼的视杆约占小眼总长的 23%,而腹部视杆仅占小眼总长的 18% 左右。屏蔽色素移动的幅度也较小,当充分光适应色素带最宽时才仅占屈光器加透明区总长的 35% 左右,同样条件下棉铃虫蛾眼的色素带可宽达 80% 以上。网膜细胞在透明区基部膨大,细胞核大多数在此集中。本文对小眼及小眼间 16 个不同水平的横切面进行了形态上的描述并根据小眼结构上的某些特征讨论了与其功能和蛾子趋光行为之间相关的一些问题。

关键词 白薯天蛾 复眼 小眼

白薯天蛾 *Herse convolvuli* L. 是为害甘薯的主要害虫,在防治中为了减轻对环境的污染需要少用农药和开展多途径治理,灯光防治是综合防治的手段之一,而趋光行为的研究又是有效地发挥灯光治虫的基础。另外,白薯天蛾的趋光行为又有其特点,例如,诱虫灯下,我们常看到该蛾子向灯猛冲而来,在灯架上或灯的附近突然停落直至次日都不飞走。当羽化盛期,在路灯杆上以及附近的树上常常会看到有相当多的蛾子停留,而且击而不飞,这些蛾子都是在前一天晚上或者更早些时被路灯诱来的,这种直冲光源和在灯光及阳光下长时间停留而不动的现象是与另一类白天潜伏在阴暗处,夜晚向光飞和在弱光环境中活动的夜行昆虫明显不同的。形态、结构又是功能和行为的基础,为了使灯光防治在综合治理中发挥经济效果,搞清楚趋光特性,进一步查明其上灯规律是十分必要的,为此,我们选择了与趋光行为密切相关的复眼结构问题进行了初步研究。

复眼的外部形态

材料和方法 本实验所用蛾采自北京郊区。将健壮蛾的复眼连同头部切入 Súsa 液中固定 24 小时,取出后从 30% 酒精脱水至 75% 酒精中,并保存备用。被固定的材料在实体解剖镜下观察、解剖和测量。

结果

一、复眼大小及外部形态 白薯天蛾复眼长(背、腹间的最大距离)大约为 4.28 毫米,其宽(前、后间的最大距离)大约为 3.78 毫米,其长、宽均大于棉铃虫复眼。复眼的外部

本文于 1984 年 9 月收到。
本工作承陈宁生先生指导,并多次审改文稿;实验用白薯天蛾由王林瑶先生提供,文中照片在洗印过程中得到初宗纲、张玉华二同志协助,一并致谢。

无论立体形状或各不同角度所呈现出的局部形状以及背、腹间和前、后间的夹角等均与棉铃虫相似(高慰曾、郭炳群,1983)。

二、小眼数目和小眼密度 根据复眼面积和小眼面积的大小而计算出来的小眼数目大约为 27,000 个。再根据小眼数目和复眼面积而求得的小眼密度(每平方毫米内的小眼数)大约为 1,178 个。在相同面积内棉铃虫的小眼数大约为 3,904 个，由此可知天蛾小眼的密度仅有棉铃虫蛾小眼密度的 1/3 左右。

小眼的形态及结构

材料来源 同前。

方法 将蛾子分两组,每组 10 头，一组在 200 勒克斯光照箱中进行 3 小时的光适应后切头入 Súsa 液中固定。另一组在上述光照后再置暗处使之暗适应 4 小时,用上述方法固定 24 小时,将已固定好的光、暗适应两组材料用一般石蜡切片法分别进行定向包埋,按照自背向腹、自前向后和自侧向中的顺序定向、定位连续切片而获得背、腹、前、后、侧五个部位的纵、横切片。切片在光学显微镜下观察、测量和摄影。

结果

一、小眼各部分形态及比例 小眼为长形的管状构造,外层为屈光部分,由角膜和晶锥组成。角膜为外凸内平的扁圆形。晶锥为上宽下窄的锥状,该部分占小眼总长的 19% 左右。其内为由网膜细胞所组成的网膜细胞柱,此柱粗细不等,而且透明，轮廓也不太清晰,位于透明区 (Horridge, 1971) 内，此部分约占小眼总长的58%，屈光器和透明区的长度约占小眼总长的77%。透明区下面的部分结构整齐、粗细均匀，视杆居其中心。复眼侧部的视杆长度约占小眼总长的 23%。腹部小眼的视杆仅占小眼总长的 18% 而棉铃虫蛾复眼侧部小眼的视杆长度大约占小眼总长的 42%，其腹部小眼的视杆占小眼总长的38%左右。这说明了白薯天蛾视杆长度占小眼总长的比例要比棉铃虫蛾短得多。这种透明区长而视杆短的特点与夹竹桃天蛾 *Dilephia elpener* 相似 (Bernhand, 1977.)。在小眼的基部有一个基细胞和基膜。

二、小眼长度 复眼不同部位上的小眼长度不等,其比例见表 1。

表 1 部位间小眼及视杆长度比较

项目＼部位	侧	背	后	前	腹
小眼长度比值	1	1.07	1.09	1.15	1.31
视杆长度比值	1.21	1.18	1	1.06	1.18

上表说明: ① 复眼各部位小眼长度侧部最短,背、后、前、腹依次递增。同时表明,小眼长度在各部位间出现的差异较棉铃虫为小; ② 视杆长度为后部最短,前部次之,背、腹部相等而侧部最长; ③ 侧部视杆长度占小眼总长的比例大于其他部位。

三、屏蔽色素的分部范围 白薯天蛾小眼的透明区占小眼总长的比例较大，但光照后其屏蔽色素所能移动的范围却较小,与棉铃虫蛾眼相比见表 2。

表 2　色带占屈光部分加透明区的百分率

处理＼种类	白薯天蛾	棉铃虫蛾
光适应	34.78	80.95
暗适应.	14.60	16.25

四、小眼不同深度横切面的形态

角膜　小眼的最外层是角膜，其横切面为整齐的正六边形（图版 I:1)，其对边长度为 28.8—36.0 微米，对角间的长度为 36.6—40.8 微米。小眼面大小的差异在复眼各部位间尚未出现规律性。

晶锥　晶锥的横切面为由四个扇形而聚集而成的圆形(图版 I:2)，此种结构与棉铃虫蛾眼相同。

网膜细胞柱　网膜细胞柱由长形的网膜细胞组成，此柱粗细不等，不同水平面的形状也不同，其基部，即与视杆相接处膨大，细胞核也大多数在此集中，在此膨大部位的横切面上可以看到每个网膜细胞柱大多数有 8 个网膜细胞组成(图版 I:3)。

视杆　复眼不同部位上小眼视杆的形状即使同一个水平面也不完全一样。例如背部视杆中段横切面约呈矩形(图版 I:4)，而其他部位视杆的相应水平面则为对称而规则的分枝状(图版 I:7)，背部视杆有别于其他部位的特征在另一些昆虫中也是存在的，例如：蜜蜂(Gribakin, 1972; Schiur, 1975)；莎草粘虫 *Spodoptera exempta* Walk. (Meinecke, 1981)；棉铃虫(高慰曾、郭炳群，1983)；粘虫 *Leucania separata* Walker (郭炳群，1984) 等。视杆自远心端到近心端其面积逐渐增大，形状也变化多端(如图版 I:5—7)。而后随着小眼间气管面积的增大而视杆面积又逐步缩小，直至全部消失。

基膜、基细胞及其核的位置、形状与棉铃虫蛾眼基本相同。

五、小眼之间：远端——屈光器和透明区，在晶锥周围有六个次色素细胞(屏蔽色素细胞)及其屏蔽色素存在。晶锥外段周围的色素细胞形状不规则，自晶锥中部向内色素细胞的形状不规则，自晶锥中部向内色素细胞的形状及排列较规则，大致分以下几层：

最外层　色素细胞为钝三角形，每六个排列为近似六边形（图版 II: 16)。

次外层　六个正三角形的色素细胞，排列成正六边形如图版 II: 13。

中层　色素细胞为圆形，排列亦为圆形，图版 II: 14。

上述三层约占透明区总长的 1/4，是屏蔽色移动的主要区域。

次内层　六个近似三角形的色素细胞排列成六边形，其中心部位隐约呈现出螺旋状网纹，如图版 II: 15，这一层也占透明区总长的 1/4 左右，在光适应条件下，屏蔽色素一般只移动到此层的一半处。

最内层　六个不规则的多边形细胞，排列的形状也不规则(图版 II: 16)，此层约占透明区总长的 1/2，即使在充分光适应时，屏蔽色素也移动不到这一层。

近端——视杆周围，在上段末端出现气管，向内气管数量逐渐增多并变粗，直至基部 1/8 的范围内由大、小气管形成了气管反光层，反光层不同水平的横切面呈现不同的形状图 8-10。

讨 论

前面已经提及白薯天蛾常在诱虫灯旁、路灯杆上及周围的亮处，长时间的停留而不飞，或者说是不能飞，为什么它们在强光环境下常常不活动呢？是否可以表明它们对亮度较大的环境不能适应或者适应的速度很慢，也就是说它们在白天或灯下较强亮度的环境中对周围的物体没有分辨能力，这种行为上的特点可能与其视觉器官的结构相关。夜行昆虫对环境光、暗的适应主要是依赖于复眼透明区内屏蔽色素的移动来调节，而白薯天蛾复眼透明区较长，约占小眼总长的 58%，然而其色素移动的范围却较小，在充分光适应情况下，色素高度扩散时，才仅占透明区的 35% 左右而充分光适应的棉铃虫小眼色素分布范围却占据了透明区总长的 80% 以上。在天蛾中，所谓光适应是由于环境光过亮时，屏蔽色素在透明区里不仅向近心端也向小眼周围扩散（Bernhand, 1977.）以阻止过多的光量进入感光部分，使之所能感受到的光量适合其视觉的需要。是否因为白薯天蛾色素移动范围小而尚不能阻止过多光量，因而在白昼和灯光下蛾眼不能适应强光，在此强光照射下，尚看不清周围的东西故而停止飞行。此外，由于白薯天蛾小眼的网膜细胞膨大体是在透明区的基部，此处即使在充分光照情况下屏蔽色素也不能移动到这个部位，也就是说当环境光过强时，网膜细胞膨大体得不到屏蔽色素的保护，这也可能是白薯天蛾复眼在白昼和强光下视觉能力减退的又一原因。当然，网膜细胞膨大体对光的感应作用是否有什么特殊功能等问题，都尚需进一步研究。

参 考 文 献

高慰曾 郭炳群 1983 棉铃虫蛾复眼的形态及显微结构。昆虫学报 26(4): 375—8。

郭炳群 1984 粘虫蛾复眼背、腹区视杆的差异。昆虫学报 27(2): 147—51。

Bernhard, W. 1977. Ultrastructure and function morpholgy of the eye of the moth *Delephia elpenor* (Lepidoptera, Sphingidae). *Cytoliologie* 14 (3): 378—400.

Gribakin, F. G. 1972. The distribution of the long wave photoreceptors in the compound eye of the honeybee as revealed by selective osmic staining. *Vision Res.* 12. 1225—30.

Horridge, G. A. 1971. Alternatives to supperposition images in clear zone compound eyes. Proc. R. Soc. Lond. B. 179. 97—124.

Meinecke, C. C. 1981. The fine structure of the compound eye of the African armyworm moth, *Spodptera exempta Walk.* (Lepidoptera, Noctuidae.) *Cell Tissue Res.* **216**: 333—47.

Schiur, R. H. 1975. Structural spcialization in the dorsal retina of the bee, *Apis millifera. Cell Tissue Res.* **162**: 23—34.

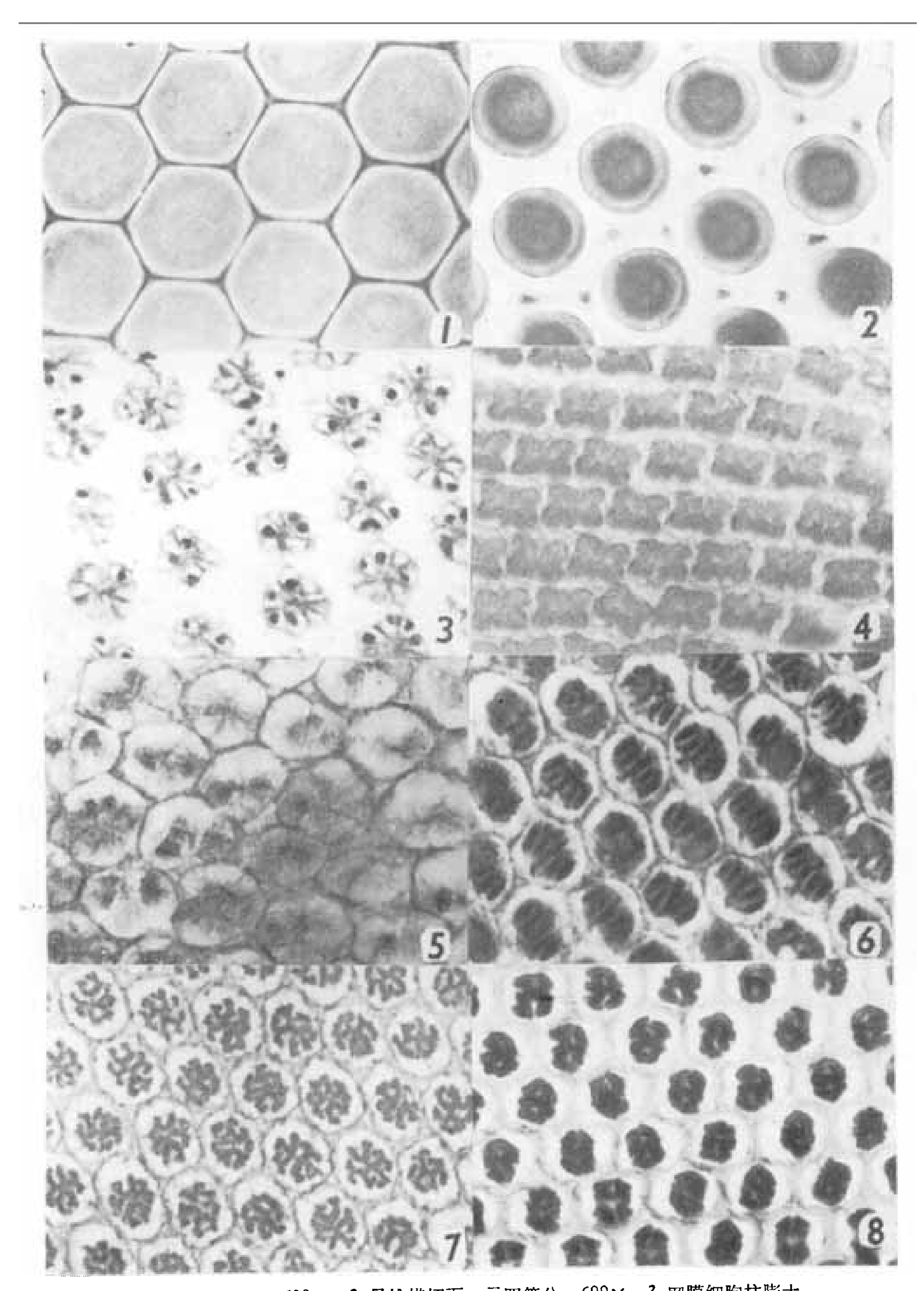
MORPHOLOGY AND STRUCTURE OF THE COMPOUND EYE OF A SPHINGID MOTH, *HERSE CONVOLVULI* L.

GAO WEI-ZENG

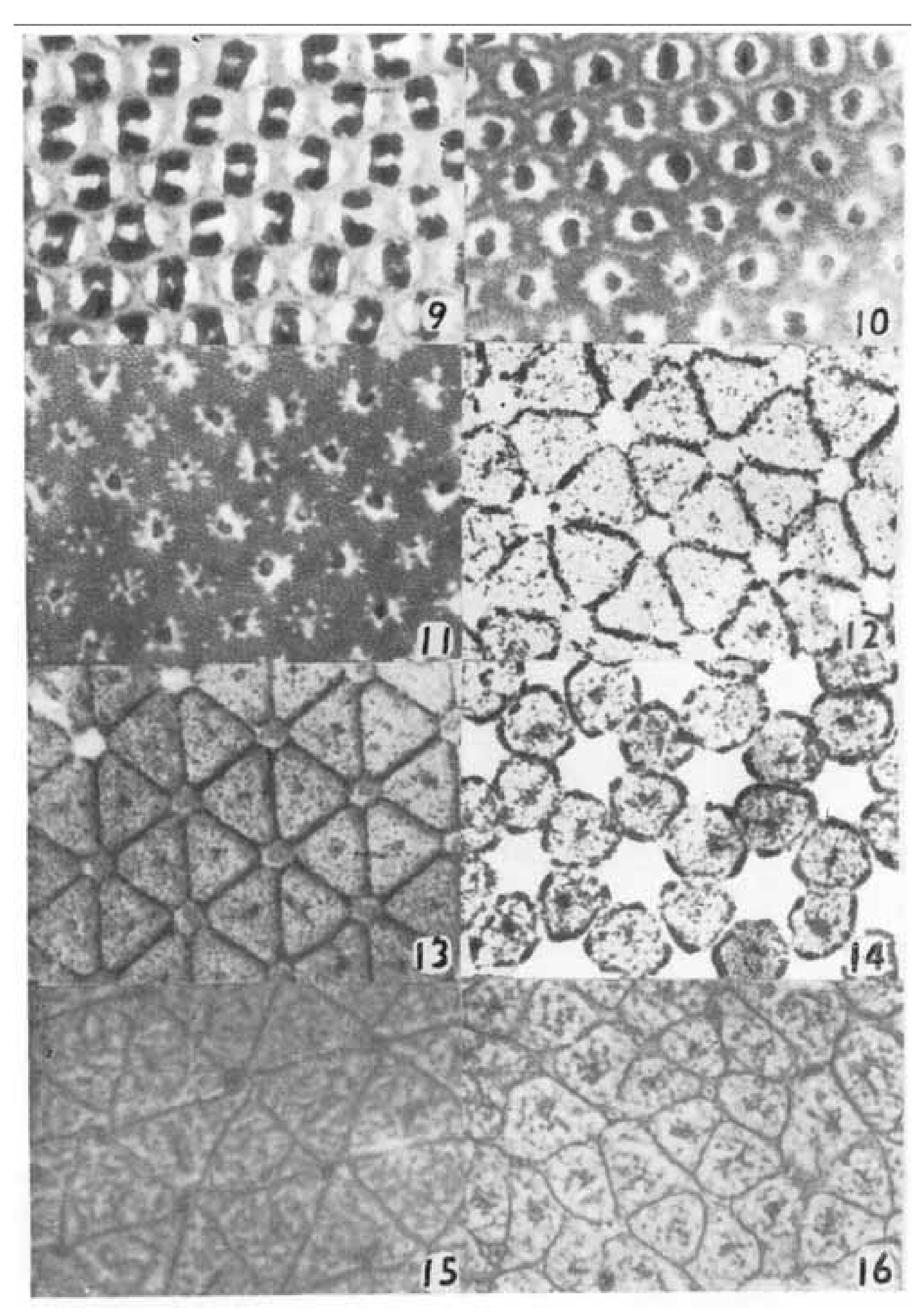
(Institute of Zoology, Academia Sinica)

The compound eyes of the sphingid moth *Herse convolvuli* L. measure 4.28 mm by 3.78 mm in size and each of them contains about 27,000 ommatidia arranged in a density about 1,177 per square millimeter. The ommatidia are shortest in the two lateral sides and their lengths increase successively in the dorsal, posterior, anterior and ventral regions. In each ommatidium the rhabdom occupies about one fifth of the total length. The iris layer would become thickest when fully light-adapted, and even so, it is only about 35% of the clear zone. The retinula cell is enlarged at the end of the clear zone where the nucleus is located. Description has been made on the structures of the ommatidia at different levels in consideration of their functional characteristics. The relationship between the morphological features of the compound eye and the behaviour of this scotopic moth is discussed.

Key words *Herse convolvuli* L.——compound eye——ommatidium



1.角膜横切面　699×　2.晶锥横切面：示四等分　699×　3.网膜细胞柱膨大体横切　819×　4.复眼背部小眼横切面，示矩形排列　819×　5.视杆远端横切面　819×　6.视杆上段横切面　819×　7.视杆中段横切面　819×　8.视杆下段横切面　819×



9.反光层上段横切面　819×　10.反光层中段横切面　819×　11.反光层下段横切面　819×　12.透明区上段横切面：示钝角三角形色素细胞　699×　13.透明区上段横切面：示正三角形色素细胞　699×　14.透明区上段横切面：示圆形色素细胞　699×　15.透明区下段横切面：近似三角形色素细胞　699×　16.透明区下段横切面：示不规则形色素细胞　699×